



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 02 771 A1 2004.08.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 103 02 771.8
(22) Anmeldetag: 24.01.2003
(43) Offenlegungstag: 05.08.2004

(51) Int Cl. 7: B81C 3/00

(71) Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE

(72) Erfinder:
Bingel, Ulrich, Dipl.-Ing., 73457 Essingen, DE;
Weis, Christof, Dipl.-Ing., 74357 Bönningheim, DE

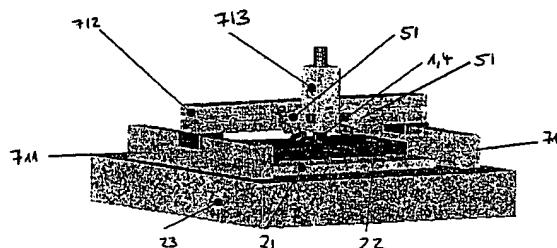
(74) Vertreter:
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 80336
München

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: System und Verfahren zur Herstellung von Mikrobauteilen

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Satz von Systemteilen, wobei eine beliebige für die Galvanoformung von Mikrobauteilen verwendbare Innenform aus einem oder mehreren der Systemteile zusammensetzbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung befasst sich mit einem System und einem Verfahren, welches die generische, roboterunterstützte Herstellung von Mikrobauanteilen mittels Galvanoformung ermöglicht. Aktuelle technische Systeme zur Herstellung von Mikrobauanteilen durch Rapid-Prototyping sind komplex und schwer zu beherrschen. Zwei typische Verfahren für das Rapid-Prototyping sind das Lasersintern und die Stereolithographie. In beiden Fällen werden über Lichtquellen (Laser) generische Werkstoffe und Bauteile über Photovernetzung oder Aufschmelzen von Pulver (Lasersintern) hergestellt.

[0002] Nach dem Stand der Mikrosystemtechnik werden neben Mikrofräsen und Mikrobohren auch generische Verfahren, wie Galvanoformung, zur Herstellung von Bauteilen verwendet. In der Galvanik werden dabei gelöste Metallsalze mittels Elektronen an der Kathode zu Metall reduziert. In der Mikrosystemtechnik können z.B.

[0003] Ni, Cu, Fe, Au aber auch deren Legierungen hochpräzise abgeschieden werden.

[0004] Die Formgebung erfolgt über lithographische Prozesse (LIGA, Li: Lithographie, Ga: Galvanoformung). Hier wird mittels einer Maske über einen Lithographie-Schritt das Mikrobauenteil hergestellt. Die Prozessschritte des LIGA-Verfahrens umfassen:

1. Belichten einer photoempfindlichen Oberfläche,
2. Härten,
3. Trennen von gehärtetem und ungehärtetem Photolack,
4. Galvanische Abscheidung.

Stand der Technik

[0005] Ein solcher Vorgang ist in der Druckschrift DE 4432725 C1 offenbart.

[0006] Die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zur generischen Herstellung von Mikrobauanteilen weisen verschiedene Nachteile auf.

[0007] Für Verfahren, die auf Lithographie beruhen, müssen aufwendige und teure Masken erstellt werden, mit denen man zwar viele Teile pro Maske herstellen kann, aber schnelle Änderungen an der Maske nicht möglich sind. Gerade für geringe Stückzahlen (1–5 Stück) ist die Erstellung einer Maske zu kostenintensiv. Darüber hinaus sind durch die vielen Prozessschritte schnelle Änderungen nur schwer möglich.

[0008] Bei der im Rapid-Prototyping verwendeten Stereolithographie können im Primärschritt nur Bauelemente aus polymeren Werkstoffen hergestellt werden. Beim Lasersintern sind metallische Werkstoffe nur in relativ groben Strukturen herstellbar, wie aus der DE 198 56 783 C1 hervorgeht.

Aufgabenstellung

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur schnellen und kostengünstigen Herstellung von Mikrobauanteilen, auch bei geringen Stückzahlen, vorzustellen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1, 9 und 25 und die Verfahren nach den Ansprüchen 26 und 31 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtungen und der erfindungsgemäßen Verfahren werden in den jeweiligen Unteransprüchen gegeben.

[0011] Die Aufgabe wird gelöst, indem mikroskopische Systemteile von verschiedener Form von einem Mikrogreifer, der durch eine Positioniervorrichtung im Raum mit hoher Genauigkeit bewegt wird, gegriffen und so nebeneinander positioniert werden, dass durch die geometrische Struktur die Negativform beziehungsweise Innenform des gewünschten Bauteils entsteht. Der Mikrogreifer kann in einer bevorzugten Ausführung Greifbacken zum Greifen der Systemteile aufweisen, die durch einen Schrittmotor mit hoher Getriebeunterstützung bewegt werden. Diese so erzeugte Innenform wird mittels einer galvanischen Abscheidung von Metallen (auch Legierungen oder Dispersionen) aufgefüllt. Nach dem Erreichen der gewünschten Bauteildicke werden die galvanische Abscheidung gestoppt und die Formteile sukzessive entfernt. Zurück bleibt ein metallisches Mikrobauenteil, das in Abmessungen und Konsistenz hohen Ansprüchen genügt. Bei dieser Art der Herstellung von Mikrobauanteilen können auch funktionelle Komponenten z.B. mechanische Lager, elektrische Kontakte, optische Gitter, etc. mit in die Form positioniert werden. Diese Komponenten werden durch den Abscheidungsprozess in das neue Bauteil integriert.

[0012] Die Positioniervorrichtung mit dem Mikrogreifer ist dabei vorzugsweise in einem Roboter integriert. Dabei wird in einer bevorzugte Variante die Zusammenstellung der Systemteile verschiedener Form und deren Position durch einen im Roboter integrierten oder mit diesem verbundenen Computer berechnet. Der Roboter ist dann in der Lage, selbstständig die Systemteile mit dem Mikrogreifer zu fassen, die ermittelte Ablageposition mit dem Mikrogreifer anzufahren und die Teile dort abzulegen.

[0013] Das hier vorgestellte System zur galvanischen Herstellung kleinster Bauteile ermöglicht einen vergleichsweise schnellen und qualitätsstabilen Herstellungsprozess bei moderaten Entstehungskosten.

[0014] Durch die in der Erfindungsmeldung vorgestellte Lösung können in kurzer Zeit Mikrobauanteile auch in kleiner Stückzahl kostengünstig hergestellt werden. Dabei ermöglicht die Erfindung die generische Herstellung von metallischen Bauteilen, die hohen Genauigkeitsanforderungen und Qualitätsansprüchen genügen. Die Lösung eignet sich besonders zur schnellen und flexiblen Herstellung von einzelnen Innenformen für die Herstellung von Mikrobauanteilen in galvanischen Prozessen.

Ausführungsbeispiel

[0015] Im folgenden werden bevorzugte Ausführungen des erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Beispielen und mit Hilfe von Figuren vorgestellt.

[0016] **Fig. 1:** Gesamtaufbau einer erfindungsgemäßen Anlage zum galvanischen Rapid-Prototyping von Mikrobauteilen;

[0017] **Fig. 2:** Ausschnitt von der Bewegungsvorrichtung aus **Fig. 1** ;

[0018] **Fig. 3:** Nano-Manipulator;

[0019] **Fig. 4:** Piezoelektrisches Greifsystem;

[0020] **Fig. 5:** Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung nach **Fig. 1** nach dem Aufsetzen eines galvanischen Bades;

[0021] **Fig. 6:** Auswahl aus Alpha-Systemteilen;

[0022] **Fig. 7:** Schematische Zeichnung zum Erstellen eines Mikrobauteiles nach Ausführungsbeispiel 1 mit Greifprozess von Systemteilen, Darstellung des Galvanikprozesses, fertiges Mikrobauteil;

[0023] **Fig. 8:** Kartesischer Roboter;

Ausführungsbeispiel 1

[0024] **Fig. 1** zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die auf einer Grundplatte **23** angebracht ist. Auf der Grundplatte **23** liegt ein von möglichen Vibrationen und anderen Störungen freier Arbeitstisch **21** mit einem magnetischen Positionierfeld **22** auf. In dieser Ausführung nimmt nach **Fig. 1** der Arbeitstisch **21** mit Positionierfeld **22** einen rechteckigen Grundriss an.

[0025] Auf der Grundplatte **23** ist ein Portalroboter angeordnet. Dieser weist zwei erste parallele Schienen **711** auf, deren Verlauf eine erste Bewegungsrichtung definiert. Der Portalroboter ist auf dem Grundtisch so positioniert, dass dessen erstes paralleles Schienenpaar **711** zwei parallele Grundseiten dieses rechteckigen Arbeitstisches **21** einfasst. Auf diesem Schienenpaar **711** ist eine weitere gleitend, senkrecht zu dem ersten Schienenpaar und parallel zu einer durch das erste Schienenpaar aufgespannten Ebene gelagerte dritte Schiene **712** mit einer Bewegungsrichtung parallel zu den ersten beiden Schienen **711**, also parallel zur ersten Bewegungsrichtung, angeordnet. Der Verlauf dieser dritten Schiene **712** definiert die zweite Bewegungsrichtung. An der dritten Schiene ist ein entlang dieser Schiene, also entlang der zweiten Bewegungsrichtung, bewegbares einen Aktuator (nicht abgebildet) umschliessendes Gehäuse **713** angebracht. An diesem Gehäuse **713** sind außerdem ein optisches Überwachungssystem **51**, einen Mikrogreifer **1** und ein Nano-Positioniersystem **4** angebracht. Mikrogreifer **1** und Nano-Positioniersystem **4** lassen sich mit dem Aktuator entlang der zu den ersten beiden Bewegungsrichtungen senkrecht stehenden Z-Achse bewegen. Eine vergrößerte Darstellung dieses Gehäuses **713** ist in **Fig. 2** wiedergegeben. An dem Gehäuse **713** ist eine Steuerungselektronik (nicht abgebil-

det) und eine Verkabelung (nicht abgebildet), die diese mit einem Computer verbindet angebracht. Die Steuerungselektronik bedient die Positioniervorrichtung, die hier die Schienen **711**, **712**, das Gehäuse **713**, den Aktuator, das Nano-Positioniersystem **4** und den Mikrogreifer **1** umfaßt. Das Überwachungssystem **51** weist in dieser Ausführung zwei diametral an das Gehäuse angebrachte CCD-Kameras auf. Wenn der Mikrogreifer **1**, die Systemteile **3** oder das Positionierfeld **22** für die eine Kamera **51** durch andere Teile der Anordnung verdeckt ist, garantiert die andere Kamera **51** immer noch eine vollständige Erfassung von Mikrogreifer **1**, Systemteilen **3** bzw. Positionierfeld **22** möglich. Die Verwendung von zwei Kameras ermöglicht es außerdem, eine räumliche Information zu konstruieren. Die CCD-Kameras **51** sind ebenfalls mit dem Computer verkabelt.

[0026] Das Nano-Positioniersystem **4** ist in dieser Ausführung ein in **Fig. 3** abgebildeter, vierachsiger Nano-Manipulator und dient der exakteren Ansteuerung von Positionen durch den Computer. Der Nano-Manipulator **4** ermöglicht es, mit einer Genauigkeit von bis zu 250 nm, vorzugsweise von bis zu 10 nm, Positionen anzusteuern.

[0027] Der Mikrogreifer **1** besteht in dieser Ausführung aus zwei Greiferbacken **12** als Bestandteil eines Rahmens **11**, in dem ein piezoelektrischer Aktor **13** eingebettet ist. Ein solcher Mikrogreifer **1** ist in **Fig. 4** dargestellt. Wenn der piezoelektrische Aktor **13** sich ausdehnt, werden die Greiferbacken **12** zusammengepresst. Wenn der piezoelektrische Aktor **13** sich zusammenzieht, weichen die Greiferbacken **12** auseinander. Mit dieser Technik ist es möglich, die Greiferbacken **12** in bis zu wenigen μm kleinen Schritten direkt mit Hilfe des Piezoaktors **13** zu bewegen. Mit einem solchen Greifer können also kleinste Bauteile formschlüssig oder kraftschlüssig gegriffen werden.

[0028] **Fig. 5** zeigt, dass das magnetische Positionierfeld **22** vorzugsweise in rechteckige Unterbereiche unterteilt ist, an deren Kanten diese von einer abdichtenden Wandung bzw. einem abdichtenden Rahmen **92** zur Bildung einer für einen galvanischen Prozess benötigten Wanne umfaßt werden. Der Rahmen **92** ragt über die Grundfläche des jeweiligen Positionierfeldes **22** heraus und ermöglicht es damit galvanische Flüssigkeit **99**, die den Boden des Positionierfeldes abdeckt, aufzunehmen. Die Unterteilung in Unterbereiche erlaubt es, lokal galvanische Verfahren, mit z.B. verschiedenen galvanischen Flüssigkeiten **99** oder in zeitlich unabhängiger Weise durchzuführen. Alternativ kann die Wandung **92** auch in abdichtender Weise auf dem Positionierfeld **22** angeordnet sein.

[0029] In der Nähe der Grundplatte **23** oder auch auf der Grundplatte **23** wird des weiteren ein Magazin mit einem Satz von α -Systemteilen **3** verschiedener Form bereitgestellt. In dieser Ausführung werden die in **Fig. 6** dargestellten quadratischen, wabenförmigen, dreieckigen, rechteckigen, pentagonalen und hexagonalen Formen verwendet. Die Seitenkanten

dieser Systemteile weisen Längen zwischen 4 und 7 μm auf. Jede Form existiert in dem in dem Magazin enthaltenen Satz von Systemteilen **3** mehrfach.

[0030] Um zu wissen, welche Systemteile **3** an welcher Position auf dem Positioniertisch **21** angeordnet werden müssen, um die Innenform bzw. Negativform des erwünschten Mikrobauteils zu erhalten, werden in den Computer die geometrischen Verhältnisse des Mikrobauteils in ein Softwaretool eingespeist. Dieses Tool errechnet an welche Positionen auf dem Positionierfeld **22** welche Systemteilformen angeordnet werden müssen, um die Negativform des Bauteils aufzubauen. Nach der errechneten Anordnung werden die Bauteile **3** dann von dem Roboter wie unten beschrieben gegriffen und an die vorgesehene Position gelegt.

[0031] Entsprechend des Aufbaus dieses Systems können Systemteile **3** verschiedener Form von dem Mikrogreifer **1** gegriffen und auf das magnetische Positionierfeld **22** abgelegt werden.

[0032] Demnach kann der Greifer nun mit Hilfe des Portalroboters mit hoher Verfahrgeschwindigkeit und höchster Präzision auf ein Magazin mit den vorhandenen Systemteilen zu bewegt werden. Der Portalroboter weist dabei Verfahrswege entlang der x-, y- und z-Richtung von jeweils 200 mm, eine Beschleunigung von max. 3 m/s^2 und eine Wiederholgenauigkeit von 1 μm auf. Am Magazin wird dann mit Hilfe des optischen Überwachungssystems ein aktuelles Bild der Systemteile **3** im Magazin aufgenommen. Die Signale durch die CCD-Kameras **51** werden durch eine Frame-Grabber-Software verarbeitet und einer Auswertesoftware auf dem PC zugeleitet. Zu dem aktuellen Bild der Kamera von den Systemteilen im Magazin wird die exakte Position des Roboters zum Zeitpunkt der Aufnahme hinzugefügt. Die Software identifiziert die Systemteile durch Vergleich der Umrisse nach dem Hell-Dunkel-Prinzip und kann durch die Positionskoordinaten des Roboters die exakte Position der Teilchen errechnen. Diese Position wird an die Robotersteuerung weitergegeben, so dass diese die Teilchenaufnahmepunkte exakt anfahren kann.

[0033] Nach dem Aufnehmen eines Systemteil **3** durch den Piezogreifer **1** wird für die Detektion der Ablageposition der Systemteile **3** ebenfalls ein Bild der Ablageumgebung mit Hilfe der Kameras **51** aufgenommen. Die Berechnung der Ablageposition durch den Computer verläuft identisch zu dem Aufnahmevorgang. Nach der Errechnung der Ablageposition werden die exakten anzusteuernenden Roboterkoordinaten an die Robotersteuerung weitergegeben, die Ablageposition mit dem Roboter angesteuert und das Teil an der gewünschten Position abgelegt. Dies ist in Fig. 7a dargestellt. Dieser Prozess wird für die verschiedenen Teilchen **3** solange wiederholt bis der erwünschte Grundriß der Innenform erstellt ist. Es können auch Systemteile **3** gleicher Form übereinander gelegt werden, so dass die Höhe dieser Innenform den individuellen Bedürfnissen bezüglich der Höhe des herzustellenden Mikrobauteils ange-

passt werden kann.

[0034] Ist die Innenform für das Bauteil durch Positionieren der Systemteile **3** an den nach einer Positionierstrategie errechneten Positionen auf dem Positionierfeld **22** erstellt, werden die Teilchen durch ein von einem in dem Positionierfeld **22** integrierten Elektromagneten erzeugtes magnetisches Feld fixiert. Die angeordneten Systemteile **3** können somit auch nicht während des nachfolgenden galvanischen Prozesses verrutschen.

[0035] Um den galvanischen Prozess zu starten, wird über den Arbeitstisch eine den obigen Ausführungen gemäß abtichtende Wandung **92** gestülpt (s. Fig. 7b). In den von der Wandung **92** eingeschlossenen Raum wird mittels einer Pumpe **95** dann eine galvanische Flüssigkeit **99** von vorgegebener Temperatur und Konzentration gepumpt. Dies ist in Fig. 7b in einem schematischen Seitenriß dargestellt. Die aus den α -Systemteilen **3** bestehende Innenform dient zusammen mit dem Positionierfeld **22** in dem Galvanikprozess als Kathode **93**. Auf der Oberfläche der galvanischen Flüssigkeit wird eine Anode **94** angebracht. In dem darauf folgenden galvanischen Prozess werden in der galvanischen Flüssigkeit gelöste Metallsalze mittels Elektronen an der Kathode zu Metall reduziert, das sich in diesen Bereichen, die Innenform auffüllend, dann ablagert. Nach Beendigung des galvanischen Prozesses wird das Bad **99** abgelassen, gespült und die Wandung **92** abgenommen. Das Positionierfeld **22** ist dann wieder frei zugänglich. Danach werden der Elektromagnet abgeschaltet und die Alpha-Systemteile entfernt, so dass das fertige aus den übrig gebliebenen Ablagerungen bestehende Mikrobauteil **8** wie in der Fig. 7c isoliert auf dem Positionierfeld **22** liegt.

Ausführungsbeispiel 2

[0036] Wie im Ausführungsbeispiel 1 ist in diesem Beispiel die Anlage zum galvanischen Rapid-Prototyping von Mikrobauteilen aus einer Grundplatte, einem Arbeitstisch, einem magnetischen Positionierfeld, einem Roboter, in dem ein optisches Überwachungssystem, ein Mikrogreifer und ein Nano-Positioniersystem integriert sind, zusammengesetzt. In diesem Beispiel wird jedoch statt eines Portalroboters ein aus drei einzelnen hochgenauen Linearachseinheiten aufgebautes kartesisches Robotersystem verwendet. Ein solches System ist in Fig. 8 dargestellt. Dabei wird eine erste Achseinheit **711'** entlang einer Grundseite des rechteckigen Positionierfeldes angeordnet. Senkrecht auf dieser ersten Achseinheit **711'** und parallel zu der Oberfläche des Positionierfeldes wird eine zweite, entlang der ersten Achseinheit **711'** verschiebbare Achseinheit **712'** angeordnet. Eine senkrecht zur ersten und zweiten Achseinheit entlang der zweiten Achseinheit bewegliche angeordnete dritte, als Schiene bestehende Achseinheit **713'** sorgt für die laterale Beweglichkeit entlang des dritten Freiheitsgrades. Dies geschieht, indem

ein auf der Schiene sitzender Reiter bewegbar ist. Des weiteren wird zur Präzisierung der Positionierung des Greifers ein zwischen dem kartesischen Roboter und dem Greifer angeordnete Positioniereinheit in Form eines Piezo-Hexapods mit 6 Achsen eingesetzt, der über Piezoaktoren und Piezosensoren verfügt. Mit diesem System lassen sich mit den Piezoaktoren Genauigkeiten im Anfahren und mit Piezosensoren im Erfassen von Positionen von bis zu 10 nm erreichen. Wenn die Innenform mit dieser Vorrichtung entsprechend des Ausführungsbeispiels 1 erstellt und auf dem Positionierfeld durch ein elektromagnetisches Feld fixiert worden ist, wird das Positionierfeld von dem Arbeitstisch abgenommen und in ein galvanisches Bad abgesenkt. Der galvanische Prozeß verläuft dann analog zu dem in Ausführungsbeispiel 1 beschriebenen galvanischen Prozeß.

Patentansprüche

1. Ein Satz von Systemteilen (3), **dadurch gekennzeichnet**, daß eine beliebige für die Galvanoformung von Mikrobautteilen (8) verwendbare Innenform aus einem oder mehreren der Systemteile (3) zusammensetzbar ist.
2. Satz von Systemteilen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Systemteile (3) durch einen Mikrogreifer (1) greifbar sind.
3. Satz von Systemteilen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Systemteile (3) magnetisierbar sind.
4. Satz von Systemteilen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Systemteile zumindest teilweise verschiedenen Formen und/oder Größen aufweisen.
5. Satz von Systemteilen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Systemteile (3) eine dreieckige Form und/oder ein Teil der Systemteile (3) eine quadratische Form und/oder ein Teil der Systemteile (3) eine pentagonale Form und/oder ein Teil der Systemteile (3) eine hexagonale Form und/oder ein Teil der Systemteile (3) eine octagonale Form aufweist.
6. Satz von Systemteilen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenkanten der Systemteile (3) eine Länge von 0,5 bis 100 µm aufweisen.
7. Satz von Systemteilen nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenkanten der Systemteile (3) eine Länge von 1 bis 30 µm aufweisen.
8. Satz von Systemteilen nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenkanten der Systemteile (3) eine Länge von 3 bis 10 µm aufweisen.
9. Positionieranlage zur Erstellung einer für die Galvanoformung von Mikrobautteilen (8) verwendbaren Innenform, gekennzeichnet durch einen Mikrogreifer (1) zum formschlüssigen und/oder kraftschlüssigen Greifen und Anordnen von Systemteilen aus einem Satz von Systemteilen nach einem der Ansprüche 1 bis 8, eine Positioniervorrichtung zum Positionieren des Mikrogreifers (1) und ein als Auflage für die zu einer Innenform anzuordnenden Systemteile (3) dienendes Positionierfeld (22).
10. Positionieranlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniervorrichtung ein Nano-Positioniersystem (4) zum Positionieren des Mikrogreifers mit einer Präzision bis 250 nm aufweist.
11. Positionieranlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniervorrichtung ein Nano-Positioniersystem (4) zum Positionieren des Mikrogreifers mit einer Präzision bis 10 nm aufweist.
12. Positionieranlage nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Nano-Positioniersystem (4) ein Nano-Manipulator ist.
13. Positionieranlage nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Nano-Positioniersystem (4) ein Piezo-Hexapod ist.
14. Positionieranlage nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniervorrichtung und der Mikrogreifer (1) als Bestandteile eines Roboters durch diesen steuerbar sind.
15. Positionieranlage nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Positionierfeld (22) in ein galvanisches Bad (9) eintauchbar ist.
16. Positionieranlage nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wandung (92) das Positionierfeld (22) abdichtend umfasst oder abdichtend auf diesem angeordnet ist, wobei die durch Wandung und Positionierfeld (22) entstandene Wanne eine galvanische Flüssigkeit (99) aufnehmen und auf dem Positionierfeld (22) halten kann.
17. Positionieranlage nach einem der Ansprüche 9 bis 16, gekennzeichnet durch einen unter dem Positionierfeld (22) Elektromagneten und/oder ein Permanentmagneten zur Fixierung von Systemteilen.
18. Positionieranlage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, gekennzeichnet durch

einen Steuercomputer zur Berechnung einer die geometrische Form der Innenform wiedergebenden Anordnung der Systemteile (22), und/oder ein optisches Überwachungssystem (51) zur Erfassung von Ablagepositionen auf dem Positionierfeld (22) und deren Weiterleitung an einen Steuercomputer und/oder zur Erfassung von Positionen und Formen von Systemteilen (3) und deren Weiterleitung an einen Steuercomputer.

19. Positionieranlage nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Überwachungssystem (51) mindestens eine CCD-Kamera umfasst.

20. Positionieranlage nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Roboter ein vierachsiger Portalroboter ist.

21. Positionieranlage nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Roboter ein kartesischer Linearroboter ist, der drei einzelne hochgenaue Linearachseinheiten aufweist.

22. Positionieranlage nach Anspruch 10 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Nano-Positioniersystem (4) Piezoaktoren aufweist.

23. Positionieranlage nach einem der Ansprüche 9 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrogreifer (1) Greiferbacken (12) aufweist, die durch einen Piezoaktor (13) bewegbar sind.

24. Positionieranlage nach einem der Ansprüche 9 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrogreifer (1) Greiferbacken (12) aufweist, die durch einen Schrittmotor bewegbar sind.

25. Vorrichtung zur Erstellung einer für die Galvanoformung von Mikrobauteilen verwendbaren aus Systemteilen bestehenden Innenform, gekennzeichnet durch einen Satz von Systemteilen nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und einer Positionieranlage nach einem der Ansprüche 9 bis 24.

26. Verfahren zur Erstellung einer für die Galvanoformung von Mikrobauteilen verwendbaren Innenform, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenform aus einem oder mehreren Systemteilen (3) verschiedener oder gleicher Form aus einem Satz von Systemteilen (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 auf einem Positionierfeld (22) angeordnet wird.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Systemteile mit einem Mikrogreifer (1) kraft- oder formschlüssig gegriffen werden und der Mikrogreifer (1) mit einer Positioniervorrichtung bewegt wird.

28. Verfahren nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß die mit Systemteilen (3)

auf dem Positionierfeld (22) erstellte Innenform mit einem elektromagnetischen Feld auf diesem befestigt werden.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Form und Position der zu greifenden Systemteile (3) und/oder die Position, an der die Systemteile (3) auf dem Positionierfeld (22) abgelegt werden, mit einem optischen Überwachungssystem (51) erfasst werden.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die geometrischen Form des Mikrobauteiles in einen einen Roboter steuernden Computer eingegeben wird, der Computer daraus die zu verwendenden Systemteile (3) und deren Positionen auf dem Positionierfeld (22) errechnet, der Computer die Position des Mikrogreifers (1) abfragt, der Computer die Position des Mikrogreifers (1) zu dem Kamerabild der zur Verfügung stehenden Systemteile (3) hinzugefügt, ein erstes benötigtes Systemteil durch Vergleich der Umrisse nach dem Hell-Dunkel-Prinzip identifiziert wird, der Computer die Positionskoordinaten des benötigten Systemteils (3) berechnet, der Computer die so ermittelten Positionen an die Robotersteuerung zum Aufnehmen des Systemteils (3) weitergibt, die Robotersteuerung diese Position mit dem Mikrogreifer (1) anfährt und das Systemteil (3) mit dem Mikrogreifer (1) aufnimmt, der Computer die Ablageposition des mit dem Mikrogreifer (1) gegriffenen Systemteils (3) mit Hilfe der Kamerabilder der Ablageumgebung und gegebenenfalls mit Hilfe der Position des Mikrogreifers (1) der Computer die Ablageposition an die Robotersteuerung weitergibt, die Robotersteuerung das vom Mikrogreifer gegriffene Systemteil an der Ablageposition ablegt, und dieser Vorgang wiederholt wird bis alle zur Innenform benötigten Systemteile angeordnet sind.

31. Verfahren zur Erstellung eines Mikrobauteiles in Galvanoformung, wobei eine Innenform hergestellt, mit galvanischer Flüssigkeit umgeben und das Mikrobauteil durch eine die Innenform auffüllende Abscheidung in einem galvanischen Prozess mit der Innenform als Kathode und einer weiteren Anode hergestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenform nach einem durch einen der Ansprüche 26 bis 30 beschriebenen Verfahren zur Erstellung einer für die Galvanoformung von Mikrobauteilen verwendbaren Innenform hergestellt wird.

32. Verfahren zur Erstellung eines Mikrobauteiles nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass

die auf einem Positionierfeld (22) angeordnete Innenform zusammen mit dem Positionierfeld (22) in ein galvanisches Bad eingetaucht wird.

33. Verfahren zur Erstellung eines Mikrobauteiles nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wandung auf einem als Ablage für die zu einer Innenform angeordneten Systemteile (3) dienenden Positionierfeld (22) abichtend angeordnet wird und die so entstehende Wanne zum Anfüllen mit der galvanischen Flüssigkeit verwendet wird.

34. Verfahren zur Erstellung eines Mikrobauteiles nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wandung (92) die Kanten eines ein als Ablage für die zu einer Innenform angeordneten Systemteile (3) dienenden Positionierfeldes (22) abdichtend umfassend angeordnet wird und die so aus Positionierfeld (22) und Wandung (92) entstehende Wanne zum Anfüllen mit der galvanischen Flüssigkeit (99) verwendet wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

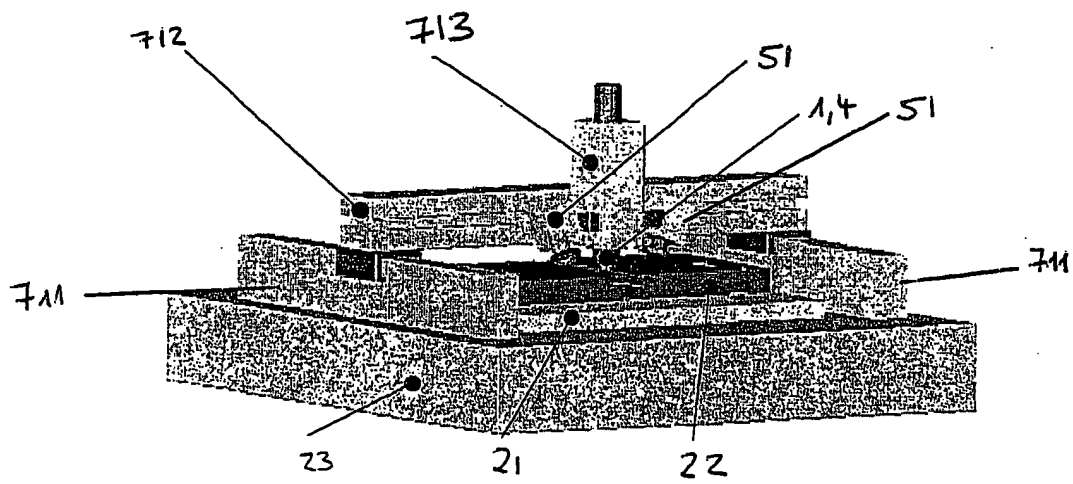


Fig. 1

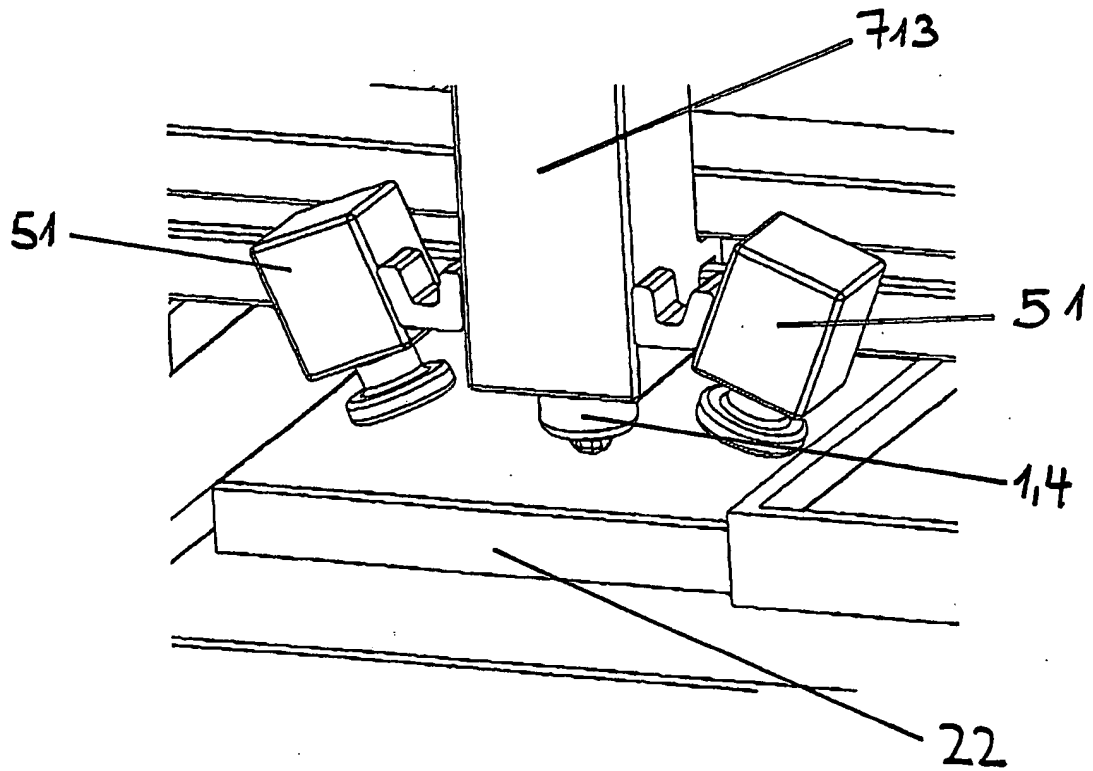


Fig. 2

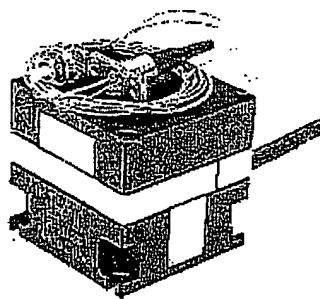


Fig. 3

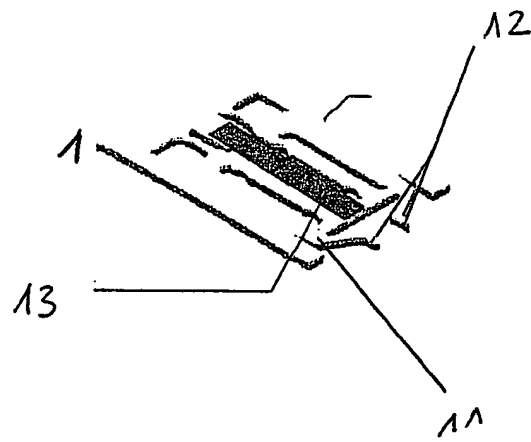


Fig. 4

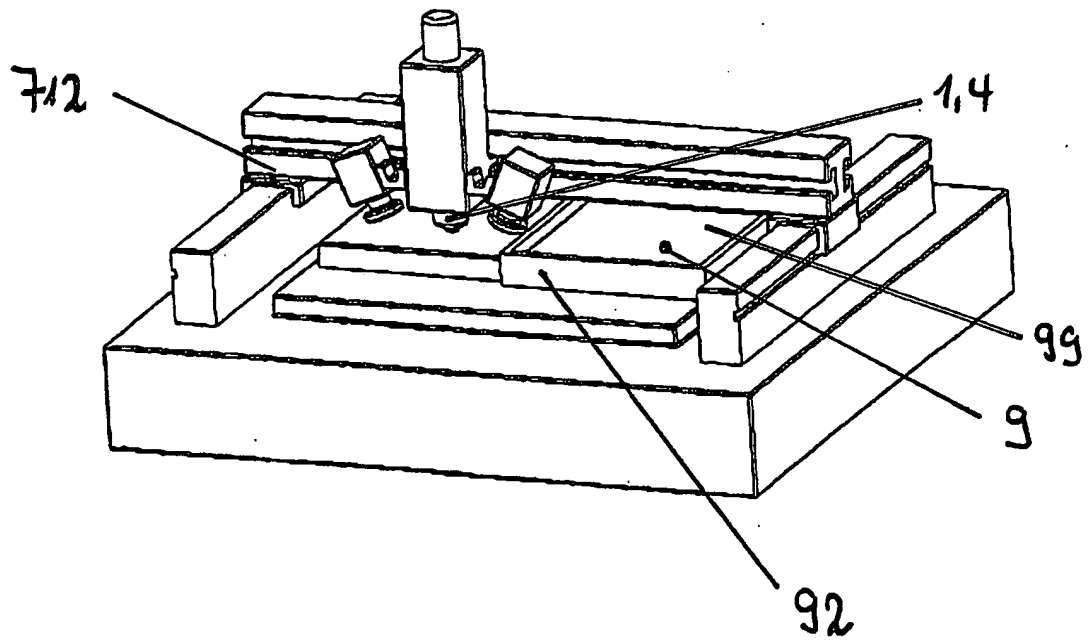
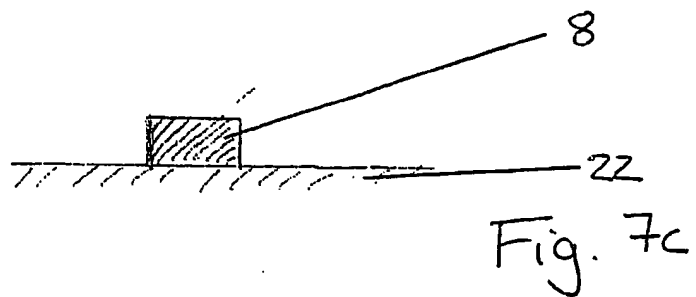
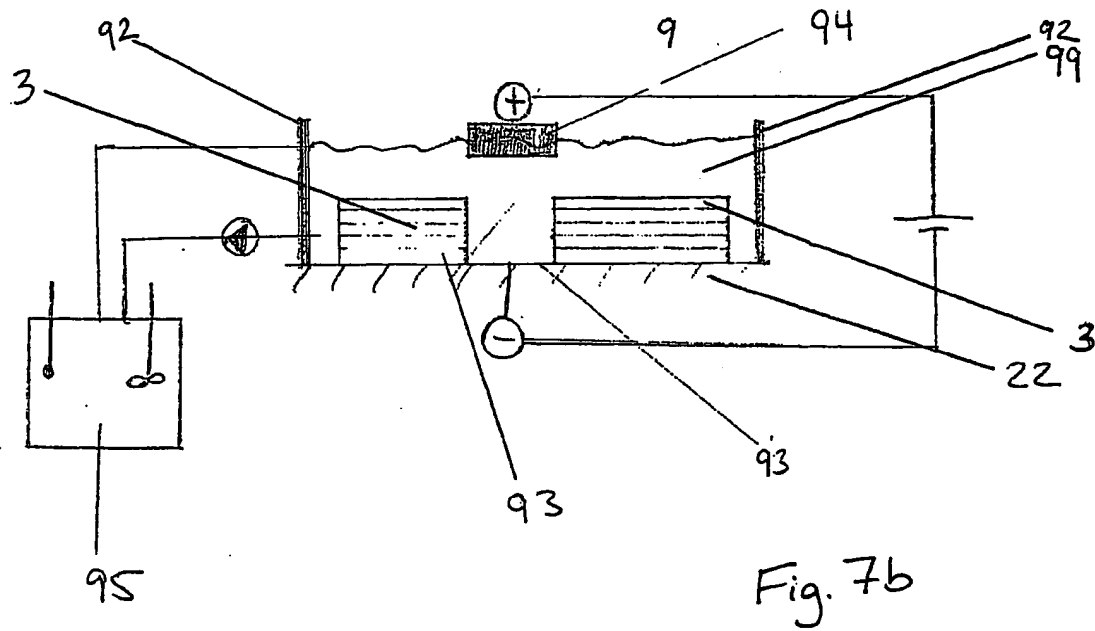
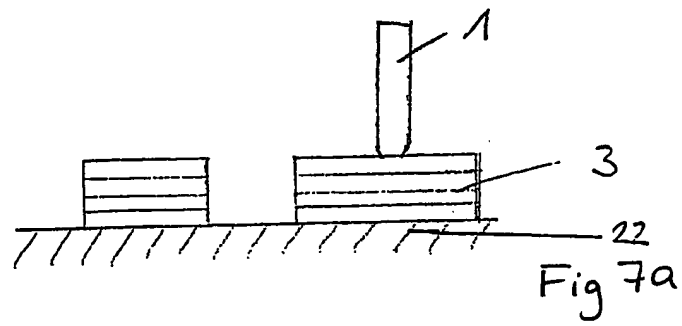
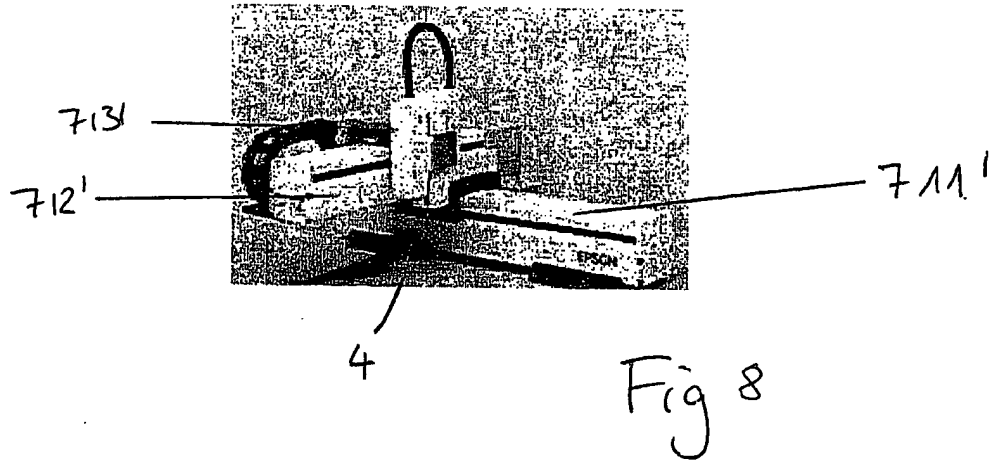


Fig. 5



Fig. 6





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.